

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Índices espectrales de vegetación para la detección de áreas quemadas

Spectral vegetation indices for detection of burned areas

Norma Elena Reynosa Correa

Universidade Federal de Tocantins. Mestrando em Ciências Florestais e ambientais, normareynosa@yahoo.es



RESUMEN

El uso de la teledetección para la cartografía y discriminación de incendios forestales o áreas quemadas es una herramienta clave para el monitoreo, prevención y sobre todo para la recuperación y organización de áreas pre y post-incendios, la cual ha demostrado ser una herramienta eficiente, útil imprescindible para desempeñar este tipo de tareas. Numerosas técnicas de teledetección se han diseñado para la cartografía de áreas quemadas, donde resalta el uso y aplicación de índices de vegetación, los cuales han permitido avances en el estudio y comprensión del comportamiento espacial y temporal de las coberturas vegetales. Estas técnicas abren más posibilidades para continuar con investigaciones y nuevas aplicaciones en diferentes ámbitos, sobre todo relacionadas al estudio de ecosistemas terrestres, lo que permite mayor acceso a la información (mayor apertura de entidades públicas y privadas). El presente artículo tiene por objetivo definir a partir de las explicaciones de ciertos autores, cuatro de los índices espectrales de vegetación más utilizados para la cartografía de áreas quemadas: índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), índice de monitoreo ambiental global (GEMI), relación de quemado normalizado (NBR), índice de quemado infrarrojo medio (MIRBI).

Palabras clave: área quemada, índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), índice de monitoreo ambiental global (GEMI), relación de quemado normalizado (NBR), índice de quemado infrarrojo medio (MIRBI).

ABSTRACT

The use of remote sensing for the mapping and discrimination of forest fires or burned areas is a key tool for monitoring, prevention and mainly for recovery and organization of pre and post-fire areas, which has proven to be an efficient and essential tool to perform these types of tasks. Numerous remote sensing techniques have been designed for mapping burned areas, highlighting the use and application of vegetation indexes, which have allowed advances in the study and understanding of the spatial and temporal behavior of plant covering. These techniques open up more possibilities to continue with research and new applications in different areas, especially related to the study of terrestrial ecosystems, which allows greater access to information (greater openness of public and private entities). The objective of this article is to define, from the explanations of certain authors, four of the vegetation spectral indexes most commonly used for mapping burned areas: normalized difference vegetation index (NDVI), normalized burned ratio (NBR), global environmental monitoring index (GEMI) and mid-infrared burned index (MIRBI).

Keywords: burned area, normalized difference vegetation index (NDVI), normalized burned ratio (NBR), global environmental monitoring index (GEMI) and mid-infrared burned index (MIRBI).

Recibido: 29 de junio del 2016

Aceptado: 24 de octubre del 2016

Las tareas habituales del ser humano, históricamente han intervenido en la ocurrencia de fenómenos naturales, generando alteraciones en el medio que nos rodea, estas alteraciones actúan de forma drástica sobre el medio ambiente ejerciendo la mayoría de las veces una acción negativa sobre los recursos naturales. Por ello se hace necesario e imprescindible la utilización de herramientas que faciliten la detección, identificación de áreas vulnerables a estos fenómenos naturales o la reincidencia de los mismos en áreas determinadas, estas herramientas permiten así mismo la creación de medidas de prevención y mitigación y programas de manejo, restauración y regeneración de estas áreas.

De acuerdo con Batista (2004) la rapidez y eficiencia en la detección al igual que en el monitoreo de los incendios forestales es fundamental para posibilitar el control del fuego ya que con un incendio a reducción de los costos en operaciones de combate, control, prevención y atenuación de los daños. Diversas formas de detección de incendios forestales pueden ser utilizadas en dependencia de las características del área a monitorear, principalmente las que se refieren a la extensión a ser monitoreada, algunos métodos recomendados para la detección de incendios forestales es a través de vigilancia terrestre (puestos de vigilancia, torres de observación, patrullaje aéreo con aeronaves) y el monitoreo por imágenes de satélites constituyendo esta última una herramienta precisa y ventajosa para la detección y ocurrencia de incendios forestales, ya que permite desarrollar planes de monitoreo y conservación a través del procesamiento de imágenes satelitales para evaluar dinámicas en los cambios de usos de suelo y coberturas vegetales.

Entre las técnicas derivadas del uso de imágenes satelitales, se destacan el empleo de los índices de vegetación los cuales según Campbell (2011), constituyen una de las formas más comunes de evaluar y monitorear la vegetación ya que funcionan como estimadores de diferentes cambios en la cobertura vegetal estudiada. La vegetación es uno de los recursos que se ve más afectado por la influencia del ser humano, es por ello que se hace imprescindible el análisis y detección para su evaluación y monitoreo, con el objetivo de realizar una evaluación cuantitativa de la vegetación, para el manejo de la vegetación y la toma de decisiones.

Diversos autores concuerdan en que se han desarrollado diferentes índices de vegetación con el objetivo de evaluar el estado de la vegetación, entre otros se pueden destacar algunos de los más utilizados en los últimos años y que han ofrecido buenos resultados para la discriminación de áreas quemadas han sido el NBR (Normalized Burnt Ratio) (Key y Benson, 1999), el BAI (Burn Area Index) (Martín, 1998) y el MIRBI (Mid-Infrared Bispectral Index) (Trigg y Flasse, 2001), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) o de otros índices espectrales como el GEMI (Global Environment Monitoring Index) o el SAVI (Soil Adjusted

Vegetation Index) Su utilización ha permitido el desarrollo de numerosos trabajos de discriminación de áreas quemadas (Chuvienco, (2008); Dempewolf *et al.*, (2007); Loboda *et al.*, (2007); Martín *et al.*, 2005).

Se muestra a continuación el presente artículo cuyo objetivo es definir a partir de las explicaciones de ciertos autores, cuatro de los índices espectrales de vegetación más utilizados para la cartografía de áreas quemadas. NDVI, NBR, GEMI, MIRBI.

¿Que son los índices espectrales de vegetación? Diferentes autores coinciden en la definición de índices espectrales de vegetación, Campbell (2011) describe índices espectrales de vegetación como una de las formas más comunes de evaluar y monitorear la vegetación a través del uso de datos satelitales multi-espectrales y los define como medidas cuantitativas, valores digitales que miden biomasa o vigor vegetal, producto de la suma, resta, división o multiplicación de varios valores espectrales que indican la cantidad o vigor que la vegetación de un pixel. Así mismo indica que estos índices permiten el monitoreo de la vegetación ya que funcionan como estimadores de diferentes cambios en la cobertura vegetal estudiada.

Gilbert *et al.*, (1997) especifica que los índices de vegetación pueden ser definidos como un parámetro calculado a partir de los valores de la reflectividad a distintas longitudes de onda, y que pretende extraer de los mismos la información relacionada con la vegetación minimizando la influencia de las perturbaciones como las debidas al suelo y a las condiciones atmosféricas, y es particularmente sensible a la cubierta vegetal.

Los índices de vegetación se aplican en análisis cualitativos o cuantitativos. Empleados cualitativamente, permiten determinar rápidamente el estado relativo de la vegetación en una zona. Como una gran variedad de factores afecta directamente la producción de biomasa, los índices pueden emplearse para determinar la influencia de dichos factores en una zona o momento. Así, pueden usarse para determinar el efecto sobre la biomasa de sequías, anegamientos, incendios, desmontes, granizo, plagas, o deficiencias nutricionales (Towers, 2002).

Según el autor el desarrollo de diferentes índices obedece a la observación de la consistencia de la respuesta a la reflectancia de la luz roja e infrarroja de la vegetación verde: a mayor cantidad de clorofila, mayor absorción de la luz incidente roja; a mayor volumen foliar, mayor reflectancia de la luz infrarroja cercana.

Según Opazo *et al.*, (2009) estos índices tienen como principal ventaja la mejora en la disminución entre áreas quemadas y superficies de comportamiento espectral similar, reduciendo los errores de comisión, es decir permiten establecer de forma diferenciada las zonas clasificadas como quemadas de las no quemadas.

El primer índice del que se tiene registro fue el RVI (Índice de Vegetación Simple), diseñado en 1972 por Pearson y Miller 1972, siguiéndole en 1974 el NDVI diseñado por Rouse *et al.*, Normalized Difference Vegetation Index (Índice de diferencia normalizada de vegetación), en 1999 Key y Benson diseñan el NBR Normalized Burnt Ratio) para discriminación de áreas quemadas, al igual que BAI (Burn Area Index), por Martin 1998; MIRBI (Mid-Infrared Bispectral Index) por Trigg y Flasse en el año 2001 estos índices particularmente usados en la discriminación de áreas quemadas han ofrecido excelentes resultados. Sin embargo el uso de estos índices no está limitado a la discriminación de áreas quemadas es por ello que se han diseñado otros índices espectrales como el GEMI (Global Environment Monitoring Index) en 1992 por Pinty & Verstraete el SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) en 1988 por Huete. Gilabert *et al.*, (1997).

Algunos de los índices más utilizados para la cartografía de áreas quemadas a nivel mundial se describen a continuación.

GEMI: Global Environmental Monitoring Index. Pinty y Verstraete (1992). Sus autores proponen este índice de vegetación como una combinación de bandas no lineal lo cual permite reducir la influencia de los efectos atmosféricos lo máximo posible, especialmente importantes cuando se observan superficies oscuras, como aquellas recientemente quemadas.

Según Bastarrika (2009), Comparado con el NDVI, este comportamiento permite disminuir la confusión entre las superficies quemadas y otras cubiertas más claras cercanas a la línea 1:1 en el espacio espectral Rojo-NIR.

Pereira (1999) nos indica que este índice posee una elevada capacidad de discriminación de este índice ha sido confirmada en varios trabajos, lo cual demostró mayor capacidad del GEMI frente al NDVI en la discriminación de áreas quemadas en Portugal en una imagen AVHRR de julio de 1991.

Stroppiana *et al.*, (2002) confirmaron la alta capacidad de discriminación de este índice, al realizar un análisis radiométrico de las áreas quemadas en la sabana Australiana, mediante imágenes "Vegetation", este índice resultó ser más efectivo a la hora de discriminar el área quemada, por estar menos afectado a las variaciones atmosféricas y del suelo frente al NDVI.

NBR: Normalized Burn Ratio. Key y Benson (2005). Según Gonzaga (2014), este es uno de los índices más utilizado para cartografiar área quemada, así como para la identificación de los niveles de daño que ha sufrido la vegetación por incendios, ya que fue propuesto para la evaluación de dichas áreas.

Según Gómez y Martin (2008) la diferencia entre las dos bandas con las que trabaja este índice ofrece un mayor

contraste entre las áreas antes del fuego y después del fuego, especialmente en áreas con cobertura forestal. La banda correspondiente al infrarrojo cercano es más sensible al contenido de clorofila que está directamente relacionada con la vitalidad de la planta, en cuanto a la región del infrarrojo medio es más sensible a los cambios del contenido de agua. Por lo cual al contrario de otros índices el NBR es más propicio para presentar valores más bajos en áreas quemadas después del incendio ya que ocurre una disminución de la reflectividad en el infrarrojo. Así mismo el autor afirma que la importancia de este índice es que no solo fue diseñado para delimitar áreas quemadas sino que permite identificar y evaluar el grado de severidad de estas áreas.

MIRBI: Mid-Infrared Burnt Index. Trigg y Flasse en 2000. Diseñado para la cartografía de áreas quemadas a partir de imágenes procedentes del sensor MODIS. Sus autores lo definen como un índice cuyas isolíneas (líneas que unen los puntos con igual valor del índice) se orientan perpendicularmente al cambio espectral debido a la ocurrencia del incendio y paralelamente a otro tipo de cambios/factores que no interesa estimar. Tras un estudio de las bandas del sensor MODIS que ofrecen mayor separabilidad entre las cubiertas quemadas y no quemadas definen un índice basado en la recta de regresión sobre dichas bandas, en el que las zonas quemadas presentan los valores más altos del índice.

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index (Rouse *et al.*, 1974). El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada NDVI según Rouse *et al.*, (1974) es utilizado como indicador del vigor de la biomasa vegetal, lo que permite que este sea usado ampliamente en estudios relacionados a la evaluación del comportamiento de cultivos, de vegetaciones boscosas naturales.

De acuerdo con Sánchez *et al.*, (2000) es el índice de vegetación más utilizado para todo tipo de aplicaciones por su facilidad de cálculo, y disponer de un rango de variación fijo (entre -1 y +1), lo que permite establecer umbrales y comparar imágenes estableciendo un valor de +1 para la cubierta vegetal sana y densa y de -1 para las áreas que no tienen ninguna vegetación, lo cual lo hace más sencillo comparado con otros índices de vegetación más complejos, al tener sencillez en sus cálculo y facilidad para la interpretación directa de los parámetros biofísicos de la vegetación. Sin embargo el mismo autor, sostiene que este índice tiene el inconveniente de poseer poca capacidad de minimizar la influencia del suelo y de la atmósfera.

Así mismo Gonzaga (2014), utilizo este índice en el Ecuador llegando a la misma conclusión que Sánchez *et al.*, 2000, afirma que el mayor inconveniente que posee es la poca capacidad de minimizar la influencia del suelo y de la atmósfera, sin embargo resalta las ventajas del NDVI el cual permite identificar la presencia de vegetación verde en

ARTÍCULO DE REVISIÓN

la superficie y caracterizar su distribución espacial, así como, la evolución de su estado a lo largo del tiempo, determinado principalmente por las condiciones climáticas de cada región estudiada.

Para Gill *et al.*, (2009); Gonzaga (2014) el NDVI es el índice de vegetación más utilizado para la evaluación de la erosión del suelo, pero según el autor presenta algunos problemas en la estimación de la cubierta vegetal ya que cuando se encuentra con una cubierta superior al 50% este índice se satura y resulta insensible al verde cuando la cubierta vegetal es más escasa, lo que el autor define como una contaminación espectral proveniente del suelo debido a la falta de cobertura, lo que provoca una sobre estimación o subestimación de la cubierta vegetal produciendo una información errónea en algunas zonas estudiadas según Zhongming *et al.*, 2009.

CONSIDERACIONES FINALES

El uso de imágenes de satélites posee un elevado interés para la generación de cartografía de áreas quemadas, ya que es posible utilizarlas en cualquier régimen de fuegos, por lo que resulta consecuente utilizarlas para identificación de incendios en cualquier región o país ya que permite el monitoreo, identificación, y gestión de las áreas en cuestión, facilitando las tareas de identificación, prevención y combate de una forma más rápida y precisa para la elaboración de planes de prevención y combate a futuros eventos y sobretodo en la gestión de recuperación de dichas áreas.

En dependencia de la respuesta al incendio en las formaciones vegetales afectadas pueden ser digitalizadas y monitoreada a través de los diferentes índices de vegetación con el fin de determinar el grado de afectación de dicha área en función de sus características.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bastarrika, A. 2009. Cartografía automática de área quemada a nivel local-regional mediante algoritmos de contexto espacial. Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá de Henares, Madrid, España. 293 p.
- Batista, AC. 2004. Detecção de incêndios florestais por satélite. Revista Floresta 34(2):237-241.
- Campbell, BJ; Randolph, HW. 2011. Introduction to the remote sensing.
- Chuvieco, E. 2008: Satellite observation of biomass burning, en Earth observation of global change. The role of satellite remote sensing in monitoring the global environment (editado por E. Chuvieco). Springer Science: 109-142.
- Dempewolf, J; Trigg, S; Defries, RS; Eby, S. 2007. Burned area mapping of the Serengeti-Mara region using MODIS reflectance data. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 4: 312-316.
- Gilbert, MA. González Piqueras, J; García Haro, J. 1997. Acerca de los índices de vegetación. Departament de tennodin.mica. Facultat de Física. Universitat de Valencia Dr. Moliner, 50 46100, Burjassot Valencia. Teledetección N°8. 1997. Disponible en www.aet.org.es/revistas/revista8/AET8_4.pdf consultado 23/10/2015
- Gonzaga, C. 2014. Aplicación de Índices de Vegetación Derivados de Imágenes Satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la Caracterización de la Cobertura Vegetal en la Zona Centro de la Provincia De Loja, Ecuador. Tesis de Maestría. Universidad de La Plata. Ecuador.
- Gómez Nieto, I; Martín, I. 2008. Estudio comparativo de índices espectrales para la cartografía de áreas quemadas con imágenes MODIS.
- Loboda, T; O'neal, KJ; Csiszar, I. 2007. Regionally adaptable dNBR-based algorithm for burned area mapping from MODIS data. Remote Sensing of Environment, 109: 429-442.
- Martín, MP; Gómez, I; Chuvieco, E. 2005. Performance of a burned-area index (BAIM) for mapping Mediterranean burned scars from MODIS data. In Proceedings of the 5th International Workshop on Remote Sensing and GIS applications to Forest Fire Management: Fire Effects Assessment (editado por J. Riva, F. Pérez-Cabello y E. Chuvieco). Paris, Universidad de Zaragoza, GOF-C-GOLD, EARSeL:193-198.
- Opazo, S; Chuvieco, E. 2009. Cartografía de áreas quemadas en Sudamérica: detección de píxeles semilla. Revista de Teledetección. ISSN: 1988-8740. 2009. 32:50.
- Pereira, J.M.C. 1999. A Comparative Evaluation of NOAA/AVHRR Vegetation Indexes for Burned Surface Detection and Mapping. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.
- Stroppiana, D; Pinnock, S; Pereira, JMC; Gregoire, JM. 2002. Radiometric analysis of SPOTVEGETATION images for burnt area detection in Northern Australia. Remote Sensing of Environment.
- Sánchez, E; Torres, M; Palacios, A; Aguilar, M; Pino, S; Granado, L. 2000. Comparación del NDVI con el PVI y el SAVI como Indicadores para la Asignación de Modelos de Combustible para la Estimación del Riesgo de Incendios en Andalucía. Tecnologías Geográficas para el Desarrollo Sostenible Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá, 2000.
- Rouse, JW; Haas, RW; Schell, JA; Deering, DH; Harian, JC. 1974. Monitoring the vernal advancement andretrogradation (Greenwave effect) of natural vegetation. Greenbelt, MD. USA, NASA/GSFCT.
- Towers, P. 2002. Conceptos Iniciales sobre Teledetección y su Aplicación al Agro. Buenos Aires. AR.
- Trigg, S; Flasse, S. 2001. An evaluation of diVerent bi-spectral spaces for discriminating burned shrub-savannah. Remote sensing, 22(13):2641-2647.